

Кику Денис Павлович

**МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ
ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО В СВЯЗИ С УСЛОВИЯМИ
СУЩЕСТВОВАНИЯ**

03.00.16 – экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук



Владивосток – 2008

Работа выполнена в лаборатории прикладной экологии и токсикологии Федерального государственного унитарного предприятия «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр» Федерального агентства по рыболовству

Научный руководитель:

кандидат биологических наук
старший научный сотрудник
Ковкековдова Лидия Тихоновна

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук
старший научный сотрудник
Челомин Виктор Павлович

кандидат биологических наук
Чернова Елена Николаевна

Ведущая организация:

Институт биологии моря
им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток

Защита состоится «27» октября 2008 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.056.02 при Дальневосточном государственном университете МОН РФ по адресу: 690950, г. Владивосток, ул. Октябрьская, 27, ауд. 435.

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 690950, г. Владивосток, ул. Октябрьская, 27, комн. 417, кафедра общей экологии.
Факс: (4232) 45-94-09

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Дальневосточного государственного университета МОН РФ

Автореферат разослан «12» сентября 2008 г.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000467740

Учелый секретарь
диссертационного совета
кандидат биологических наук

Ю.А. Галышева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Двустворчатые моллюски являются одним из функциональных звеньев морских экосистем, через которые проходят потоки химических элементов с последующим их отложением в донные осадки. Двустворчатые моллюски, обитающие в определенных условиях, способны концентрировать микроэлементы в 10^5 раз больше, чем их содержание в среде. Способность отдельных видов адекватно отражать ситуацию в среде, распространенность, малая миграционная активность позволяет использовать двустворчатые моллюски в качестве индикаторных организмов (Христофорова и др., 1993; Андрианов, Канатьева, 2000; Hédouin et al., 2007).

Прибрежные морские акватории все больше вовлекаются в сферу активной деятельности человека. Среди источников поступления элементов в окружающую среду антропогенные являются приоритетными (Израэль, 1979). В загрязнении прибрежно-шельфовой зоны антропогенный прессинг составляет 77 % (Brown, 1994; Zrajevskij, 1994; Патин, 2001). Потенциальными источниками поступления элементов в окружающую среду являются горные породы, атмосферные осадки, городские и индустриальные сточные воды (Ермаков, 1999).

На побережье зал. Петра Великого (Японское море) расположены города Владивосток, Артем, Находка, Большой Камень. Кроме того, в залив впадают реки Нарва, Барабаш, Амба, Раздольная, Артёмовка и др., оказывающие влияние на экологическую ситуацию в нем (Христофорова, 2005). Ежегодно в заливы второго порядка – Амурский и Уссурийский – со сточными водами поступает около 173 т металлов (Нигматулина, 2005, 2007). Такая ситуация не может не сказаться на накоплении элементов фильтрующими организмами.

Содержание тяжелых металлов (Fe, Zn, Cu, Cd, Pb, Co, Ni, Cr) в двустворчатых моллюсках из зал. Петра Великого изучалось и ранее (Христофорова, 1983; Христофорова, Чернова, 1989; Кавун, 1991; Саенко, 1992; Ковековдова, 1993; Христофорова и др., 1994; Зорина, 1997). Тем не менее остались неизученными такие элементы, как Se и As. Неизвестна также современная ситуация с качеством среды и уровнем содержания микроэлементов в моллюсках.

В прибрежных акваториях Японского моря ведутся добыча и культивирование приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*), мидии тихоокеанской (*Mytilus trossulus*), мидии Грея (*Crenomytilus grayanus*), модиолуса длиннощетиного (*Modiolus modiolus*), устрицы гигантской (*Crassostrea gigas*). В настоящее время расширен спектр и объем вылова промысловых видов моллюсков, к которым относятся анадара Броутона (*Anadara broughtoni*) и корбукула японская (*Corbicula japonica*), содержание микроэлементов в тканях которых практически не изучено.

Цель работы: изучить микроэлементный состав двустворчатых моллюсков зал. Петра Великого в связи с условиями существования.

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Определить современные уровни содержания Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, As, Se, Pb, Ni, Co, Cr в органах тихоокеанской мидии (*M. trossulus*), мидии Грея (*C. grayanus*), модиолуса длиннощетиного (*M. modiolus*), устрицы гигантской (*C. gigas*), приморского гребешка (*M. yessoensis*), анадары Броутона (*A. broughtoni*), корбикулы японской (*C. japonica*) из зал. Петра Великого;
2. Выяснить распределение микроэлементов в органах моллюсков в зависимости от размерных характеристик;
3. Исследовать закономерности изменения содержания микроэлементов в моллюсках в зависимости от их содержания в донных отложениях мест их обитания;
4. Выделить видовые особенности микроэлементного состава моллюсков;
5. Провести санитарно-гигиеническую оценку содержания нормируемых элементов в промысловых моллюсках.

Научная новизна. Впервые определены диапазоны концентраций Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, As, Se, Pb, Ni, Co, Cr в анадаре Броутона (*A. broughtoni*), корбикуле японской (*C. japonica*) из зал. Петра Великого.

Выявлено, что в мягких тканях корбикулы содержание селена в среднем в 5 раз больше, чем в других видах моллюсков, что является следствием ее обитания в эстуарных зонах.

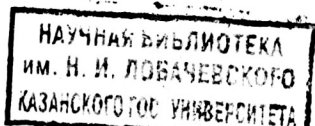
Установлено, что уровень содержания железа в органах анадары Броутона выше по сравнению с другими исследованными видами моллюсков. Изучение распределения железа в органах анадары показало, что наибольшие его концентрации имеют пищеварительная железа и жабры.

Выявлена положительная корреляционная зависимость концентраций Mn, Cr и Co в мягких тканях мидии Грея, Zn, As, Pb, Co и Cu — в тканях модиолуса, Se — в тканях устрицы от концентрации этих элементов в донных отложениях.

Практическое значение работы. Установленные уровни концентраций токсичных элементов (Cd, As, Pb) в промысловых моллюсках применяются для оценки их качества при использовании в пищу. Результаты исследования микроэлементного состава моллюсков необходимо применить при научном обосновании региональных критериев качества сырья.

Данные по содержанию биологически активных элементов Zn, Fe, Cu, Mn в промысловых моллюсках учтены при разработке биологически активных добавок и продуктов питания.

Полученные результаты содержания элементов в индикаторных организмах и среде их обитания используются при проведении экологического мониторинга прибрежных акваторий.



Защищаемые положения. Микроэлементный состав *A. broughtoni* из зал. Петра Великого: Fe — 402–1350; Zn — 42–104; Mn — 5–50; Cu — 1,8–5,0; As — 5–12; Cd — 1,5–9,2; Pb — 0,04–1,25; Se — 0,9–1,6; Co — 0,1–1,5; Cr — 0,2–1,5; Ni — 0,1–1,0 мкг/г сух. массы. Уровни содержания железа в органах анадары Броутона выше, чем в исследованных видах моллюсков. Наибольшие концентрации железа содержатся в пищеварительной железе и жабрах моллюска.

Микроэлементный состав *C. japonica* из зал. Петра Великого: Fe — 133–950; Zn — 33–182; Mn — 7–47; Cu — 4–29; As — 2–13; Cd — 0,3–2,9; Pb — 0,8–5,0; Se — 2–10; Co — 0,2–2,1; Cr — 0,1–3,0; Ni — 0,1–2,5 мкг/г сух. массы. В корбикуле японской содержание селена в среднем в 5 раз больше (C_{cp} — 7 мкг/г сух. массы), чем в других исследованных видах моллюсков.

Существует положительная корреляционная зависимость концентраций Mn, Cr и Co в мягких тканях мидии Грея, Zn, As, Pb, Co и Cu — в тканях модиолуса, Se — в тканях устрицы от концентрации этих элементов в донных отложениях.

Апробация работы. Результаты и основные положения диссертации были представлены и обсуждены на международных и всероссийских конференциях: «Приморские зори — 2003» (Владивосток, 2003), «Проблемы экологии и рационального природопользования Дальнего Востока» (Владивосток, 2004), «Инновация и молодежь» (Владивосток, 2004), «Интеллектуальный потенциал вузов — на развитие Дальневосточного региона России» (Владивосток, 2005), «Современные проблемы водной токсикологии» (Борок, 2005), «Проблемы бизнеса и технологии в Дальневосточном регионе» (Находка, 2006), «Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий» (Владивосток, 2006), «Приморские зори — 2007» (Владивосток, 2007), «Современное состояние водных биоресурсов» (Владивосток, 2008), «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки» (Владивосток, 2008).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, выводов, списка литературы (включающего 164 источника, в том числе 68 иностранных) и приложения. Общий объем работы 112 страниц. Диссертация иллюстрирована 22 таблицами и 43 рисунками.

Автор выражает огромную благодарность и признательность своему научному руководителю, канд. биол. наук, с.н.с. Л.Т. Ковековдой за неоценимую помощь при выполнении работы. Автор очень признателен и благодарен за ценные замечания д-ру биол. наук, профессору Н.К. Христофоровой, за научно-техническую поддержку — канд. биол. наук, н.с. М.В. Симоконю, а также всем сотрудникам лаборатории экологии и токсикологии ФГУП «ТИНРО-Центр» за внимание к работе и полезные советы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. Микроэлементы в морских экосистемах (обзор литературы)

Рассмотрена биологическая роль Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Cr, Ni, Se, As, Cd, Pb в живых организмах. Показано, что исследуемые микроэлементы Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Cr, Ni, Se, As относятся к биологически активным элементам, без которых невозможно нормальное протекание физиологических процессов, тогда как Cd, Pb являются токсичными элементами. Выявлены концентрации микроэлементов в двустворчатых моллюсках из различных районов Мирового океана. Рассмотрены источники поступления элементов в морскую среду. В обзоре отмечено применение моллюсков для биологического мониторинга морских экосистем. Рассмотрены пути и источники поступления микроэлементов в зал. Петра Великого.

ГЛАВА 2. Район работ, объекты и методы исследования

Дана физико-географическая характеристика зал. Петра Великого. Обширный, но не глубокий зал. Петра Великого находится в северо-западной части Японского моря, включает ряд заливов второго порядка: Амурский, Уссурийский, Посыета, Стрелок, Восток и Находка.

Уссурийский залив – самая крупная акватория зал. Петра Великого, занимающая его северо-восточную часть. Площадь залива составляет $2,1 \cdot 10^9 \text{ м}^2$, объём водной массы – $102 \cdot 10^9 \text{ м}^3$.

Площадь Амурского залива составляет $1,2 \cdot 10^9 \text{ м}^2$, объём воды – $20 \cdot 10^9 \text{ м}^3$. На северо-западе в Амурский залив впадает самая крупная река южного Приморья – Раздольная, играющая большую роль в формировании гидрохимического и гидрологического режима акватории.

Объекты исследования: двустворчатые моллюски – мидия тихоокеанская (*M. trossulus*), мидия Грея (*C. grayanus*), модиолус длиннощетинистый (*M. modiolus*), устрица гигантская (*C. gigas*), приморский гребешок (*M. yessoensis*), анадара Броутона (*A. broughtoni*), корбикюла японская (*C. japonica*) и донные отложения из заливов Амурского, Уссурийского и Находка. Станции отбора моллюсков и донных отложений показаны на карте-схеме (рис. 1).

Мидия тихоокеанская, мидия Грея и устрица гигантская ведут прикрепленный образ жизни, образуют промысловые скопления, кроме того, являются объектами культивирования.

Анадара Броутона обитает в илисто-песчаном грунте, зарываясь в него на 10–25 см. Моллюски населяют грунты в закрытых и полужакрытых бухтах, заливах на глубинах от 1,5 до 20,0 м.

Корбикюла японская обитает в эстуариях рек и приморских лагунах, соленоватых водах вблизи устьев рек, эстуариях и озерах, соединяющихся с морем протоками. Наибольшая плотность скоплений 2000 экз./м².

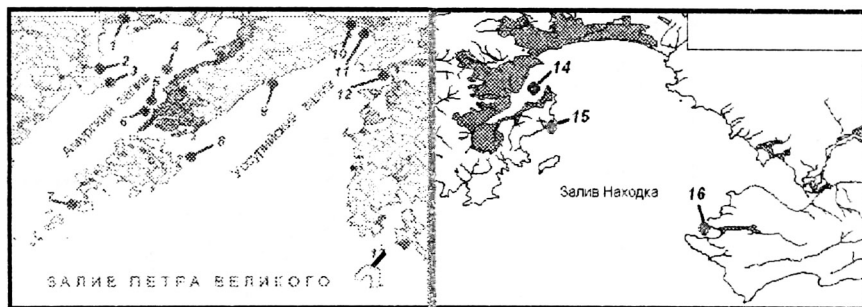


Рис. 1. Карта-схема района работ: 1–16 – номера станций (1 — устье р. Раздольной; 2 — бухта Песчаная; 3 — мыс Песчаный; 4 — о. Скребцова; 5 — ТЭЦ-1; 6 — Дельфинарий; 7 — о. Рейнеке; 8 — о. Ахлестышева; 9 — бухта Лазурная; 10 — устье р. Артемовка; 11 — бухта Муравьиная; 12 — бухта Суходол; 13 — о. Путятина; 14 — бухта Находка; 15 — бухта Новицкого; 16 — бухта Козьмина

Подготовку донных отложений к определению элементов проводили в соответствии с РД-15-227-91. Подготовку проб гидробионтов к определению элементов осуществляли методом кислотной минерализации с азотной кислотой по ГОСТу 26929-94.

Количественное определение элементов проводили атомно-абсорбционным методом на спектрофотометрах Nippon Jarrell Ash модель AA-855 и Shimadzu 6800. Погрешность определения элементов была в пределах 5–10 %. Все результаты обработаны статистически с использованием программы Statistica 6.0. В процессе эксперимента было проанализировано 30 проб морских грунтов и 1066 экз. двустворчатых моллюсков. Объем работы составил порядка 13 000 элемент-определений.

ГЛАВА 3. Результаты и обсуждение

3.1. Современные уровни содержание элементов в двустворчатых моллюсках зал. Петра Великого

Современные диапазоны концентрации элементов в двустворчатых моллюсках представлены в табл. 1.

Фоновые уровни содержания металлов в тканях мидии тихоокеанской из прибрежных районов вод северо-западной части Тихого океана, определенные В.Я. Кавуном (1991), составили: для железа – 80–100; цинка – 80–120; меди – 5–8; кадмия – 1,2–2,5; марганца – 4,5–7,5; свинца – 3,5–5,0; никеля – 1,5–2,0 мкг/г сух. массы.

В тканях мидий тихоокеанских из Амурского залива концентрации железа, марганца, меди (2003 г.), цинка (2003, 2004 гг.), кадмия (2004, 2006 гг.) превышали верхние значения диапазонов фоновых концентраций. В моллюсках из зал. Находка наблюдалось превышение верхнего значения фонового уровня содержания марганца, цинка, железа, меди, кадмия.

Таблица 1. Диапазоны концентраций элементов в двухстворчатых моллюсках зал. Петра Великого, мкг/г сух. массы

Вид	Район отбора	Год отбора	Fe	Zn	Mn	Cu	As	Pb	Cd	Co	Cr	Se
<i>Mytilus trossulus</i>	Амурский залив	2003	69-431	47-202	2-34	1,6-15,0	3,8-16,9	0,6-3,8	0,3-1,0	0,2-0,5	0,1-0,3	0,8-3,9
		2004	119-217	63-218	13-25	2,0-5,0	2,8-5,4	0,2-0,6	1,2-3,1	0,3-0,7	0,2-0,3	1,05-1,36
		2005	40-140	62-87	7-21	2,5-6,2	—	0,1-0,3	0,5-1,3	0,3-0,6	0,2-0,4	0,1-2,5
		2006	216-290	89-108	8-16	6,0-7,0	0,7-1,1	1,1-2,5	4,5-6,7	0,4-0,8	0,2-0,5	0,8-2,0
		2005	219-370	190-223	22-26	13,0-15,0	3,0-3,4	0,1-0,2	0,1-0,2	0,3-0,7	0,22-0,24	0,58-1,52
		2004	125-175	75-100	7-12	5,0-6,0	2,8-4,1	0,3-0,5	2,5-4,6	0,7-1,2	0,43-0,56	0,82-1,01
<i>Crenomytilus grayanus</i>	Зал. Находка	2005	118-350	62-180	6,9-27	3,6-13,0	1,9-7,9	0,1-1,3	1,6-17	0,3-1,7	0,1-1,2	0,6-1,6
	Уссурийский залив	2006	70-315	62-95	2,5-8,7	3,7-10,0	4,8-15,3	0,2-1,1	2,5-9,2	0,3-1,2	0,3-2,0	0,5-3,4
<i>Modiolus modiolus</i>	Амурский залив	2004	135-493	105-950	213-1575	10,0-65,0	2,5-9,0	0,72-1,50	1,6-17,3	0,5-7,2	0,17-0,69	0,43-1,69
	Уссурийский залив	2006	182-430	65-140	325-1125	8,7-27,5	9,6-14,5	0,5-2,6	5,2-17,5	1,2-3,2	0,5-1,2	—
<i>Crassostrea gigas</i>	Амурский залив	2004	80-612	875-2400	63-136	75,0-275,0	5,7-22,3	0,1-0,9	1,0-15,0	0,1-0,9	—	0,05-6,27
	Зал. Находка	2006	400-750	1575-2014	56-110	81-212	3,2-14,5	0,3-0,8	2,0-4,2	0,07-0,1	—	0,38-0,81
<i>Anadara broughtoni</i>	Амурский залив	2002	525-1350	51-100	5-21	2,0-3,0	—	0,5-0,1	3,5-9,1	0,3-0,5	0,70-1,90	—
	Устье р. Раздольной	2003	402-1075	22-30	11-13	2,0-3,0	7,0-9,0	1,0-1,2	3,0-4,5	0,5-0,7	1,2-1,5	0,9-1,5
<i>Corbicula japonica</i>	Уссурийский залив	2002	481-840	67-104	9-24	1,8-3,0	—	0,1-0,3	0,6-5,4	0,1-1,5	0,40-1,50	—
		2006	575-625	95-100	15-50	2,0-5,0	5,6-12,5	0,1-0,2	3,7-9,0	0,4-0,7	0,9-2,7	0,1-1,6
	Устье	2002	133-206	93-182	5-37	9-20	5-10	0,8-2,2	0,2-4,5	0,2-1,0	0,4-0,9	5-10
	р. Аргемовка	2007	280-870	33-125	7-25	4-9	0,9-6,0	0,1-1,3	0,4-1,8	0,1-0,4	0,3-1,0	2-14
	Устье р. Раздольной	2002	100-2631	50-92	53-605	8,0-20,0	5,4-13,3	1,3-5,0	0,5-2,9	0,6-2,1	0,10-2,60	5-8

Сравнение полученных нами средних концентраций железа, цинка, меди и марганца в долгоживущих моллюсках – мидии Грея, модиолусе – с данными, полученными ранее (Христофорова и др., 1994), показало, что концентрации элементов в моллюсках со станции 1-я речка (ТЭЦ-1) в 2004 г. и у мыса Бурного в 1988 г. были близки. Средние концентрации цинка и железа в устрицах в 2004 г. (ст. 1-я речка) были выше по сравнению с 1988 г. (мыс Бурный). Современные концентрации Pb и Cd в моллюсках ниже, чем концентрации, полученные ранее. Такое обстоятельство позволяет говорить об уменьшении загрязнения Амурского залива Pb и Cd.

3.2. Распределение микроэлементов в органах моллюсков в зависимости от размерно-возрастных характеристик

Анализ содержания элементов в мягких тканях моллюсков в зависимости от длины раковины показал (табл. 2), что с увеличением размера раковины мидии тихоокеанской, а следовательно и возраста моллюсков, происходит накопление цинка, селена и мышьяка. С увеличением длины раковины мидии Грея возрастают концентрации цинка, кадмия, селена и свинца. Концентрации железа и свинца выше в модиолусах большего размера. Уровни содержания мышьяка и свинца выше в крупноразмерных особях корбикулы японской.

Таблица 2. Средние концентрации элементов в разновозрастных моллюсках, мкг/г сух. массы (M ± m)

Вид	Длина, см	Fe	Zn	Mn	Cu	Cd	Ni	Se	Pb	As	Cr	Co
<i>Mytilus trossulus</i>	2–3	253±26	77±4	10±1,6	7,9±0,5	0,8±0,03	0,6±0,1	1,3±0,08	2,1±0,2	7,1±0,7	–	–
	5–6	190±25*	88±9*	6±0,9*	7,0±0,9	0,6±0,06*	0,4±0,1*	2,1±0,1*	1,5±0,1*	10±0,7*	–	–
<i>Crenomytilus grayanus</i>	6–8	219±16	90±9,6	21±5	7,1±1,3	1,7±0,2	–	0,5±0,09	0,1±0,01	3,8±0,6	–	–
	10–11	256±31	161±41*	15±3	5,4±0,2*	2,4±0,2*	–	1,1±0,1*	0,7±0,1*	4,9±0,9	–	–
<i>Modiolus modiolus</i>	9–10	171±10	448±72	749±312	43±3	3,2±0,9	–	1,3±0,1	3,4±0,7	4,5±0,4	–	–
	12–13	329±51*	600±110	562±172	45±7	5,9±2,0	–	1,4±0,1	6,4±1,5*	4,4±0,6	–	–
<i>Corbicula japonica</i>	1–2	540±109	97±15	14±5	6,7±1,2	1,2±0,4	1,4±0,3	8,3±3,7	0,2±0,07	1,7±0,6	0,5±0,09	0,3±0,07
	3–4	547±175	53±8*	17±4	5,7±0,8	0,7±0,1*	0,4±0,1*	3,9±1,5*	1,0±0,1*	3,5±0,9*	0,7±0,2	0,4±0,03

* Достоверное отличие.

Таким образом, происходит возрастное накопление цинка, свинца, селена и мышьяка исследованными видами моллюсков, за исключением корбикулы японской, уровни селена в моллюсках меньшего размера были выше, что, возможно, связано с биологической ролью селена, содержание которого в зонах обитания корбикулы выше, чем в местах обитания других видов моллюсков.

3.3. Закономерности изменения микроэлементного состава моллюсков

в зависимости от элементного состава среды обитания

Двустворчатые моллюски способны концентрировать микроэлементы в зависимости от степени загрязнения биотопов металлами и металлоидами.

Микроэлементы в мягких тканях мидии тихоокеанской

Поскольку мидия тихоокеанская является индикаторным организмом и по содержанию металлов в её тканях определяется качество морской воды акватории, провели исследование изменения содержания элементов в мягких тканях мидии во времени. На рис. 2–4 показано изменение содержания элементов в мягких тканях мидии в период с 2003 по 2006 г.

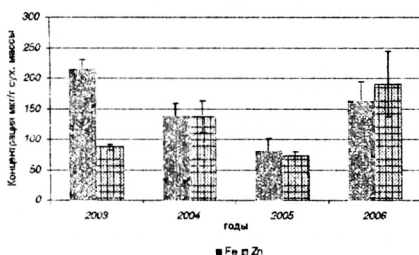


Рис. 2. Динамика средних концентраций Fe, Zn в *M. trossulus* из Амурского залива

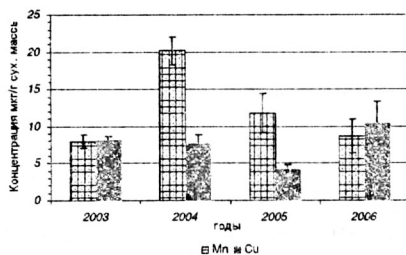


Рис. 3. Динамика средних концентраций Mn и Cu в *M. trossulus* из Амурского залива

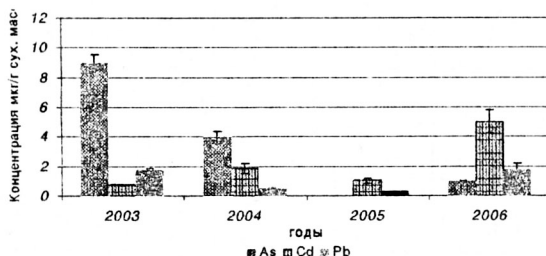


Рис. 4. Динамика средних концентраций токсичных элементов в *M. trossulus* из Амурского залива

Согласно Л.В. Нигматулиной (2007), до 2005 г. происходило снижение суммарного поступления загрязняющих веществ со сточными водами в Амурский залив, в 2005 и 2006 гг. оно увеличилось, что отразилось на повышении концентраций Fe, Zn и Cu в мидии тихоокеанской.

Динамика содержания токсичных элементов As, Cd и Pb в мидии тихоокеанской показала, что в 2005 г. концентрации Cd и Pb были ниже, чем в 2006 г. (рис. 3). Возможно, это связано с вывозом снега с дорог г. Владивостока в район Дельфинария в 2006 г.

Таким образом, показано, что в мягких тканях индикаторного моллюска мидии тихоокеанской происходят изменения содержания элементов во времени в зависимости от состояния среды обитания.

Микроэлементы в мягких тканях мидии Грея, модиолусе длиннощетином, устрице гигантской

Определены концентрации Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, As, Se, Pb, Ni, Co, Cr в мидии Грея (рис. 5–7), модиолусе длиннощетином (рис. 8–10), устрице гигантской (рис. 11–14) из районов с разной экологической ситуацией. На всех станциях сбора моллюсков установлено содержание элементов в донных отложениях (рис. 15–17).

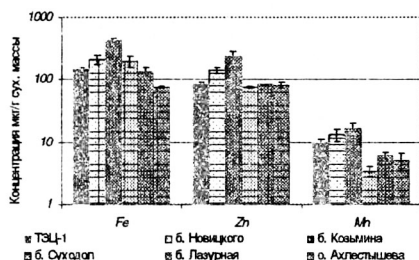


Рис. 5. Средние концентрации Mn, Zn и Fe в *C. grayanus*

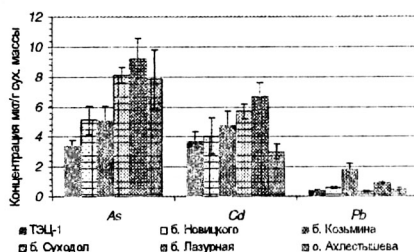
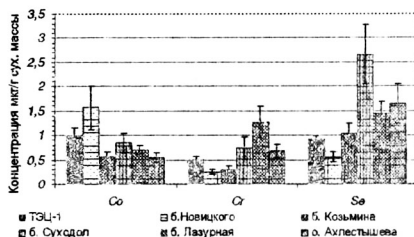


Рис. 6. Средние концентрации As, Cd и Pb в *C. grayanus*

Рис. 7. Средние концентрации Co, Cr и Se в *C. grayanus*



Максимальные средние концентрации Fe, Zn, Mn, Pb (бухта Козьмина) и Co (бухта Новичко) обнаружены в моллюсках из зал. Находка; As, Cd, Cr (бухта Лазурная) и Se (бухта Суходол) — в мидии из Уссурийского залива (см. рис. 5–7).

Максимальные средние концентрации ряда элементов обнаружены в мягких тканях модиолуса длиннощетиного из Амурского залива: Zn, Se, Pb — у ст. ТЭЦ-1, Co — у о. Скребцова (см. рис. 8–10); повышенное количество Cr, Cd и As в модиолусах выявлено в моллюсках из бухты Суходол Уссурийского залива (рис. 9, 10). Концентрации Fe и Mn в мягких тканях моллюсков, собранных в Амурском и Уссурийском заливах, были близки.

В устрицах, обитающих на ст. 1-я речка (ТЭЦ-1), наблюдаются повышенные концентрации Zn, Cu и Se, что обусловлено влиянием выбросов теплоэлектростанции, а также стоков г. Владивостока.

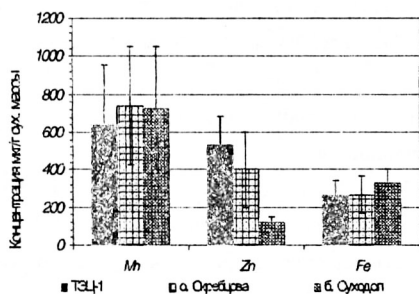


Рис. 8. Средние концентрации Mn, Zn, Fe в *M. modiolus*

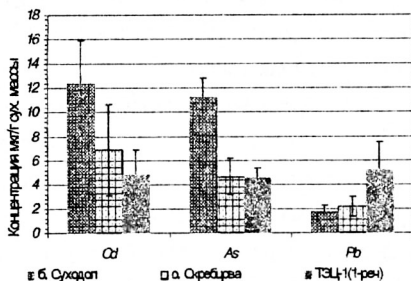


Рис. 9. Средние концентрации Cd, As, Pb в *M. modiolus*

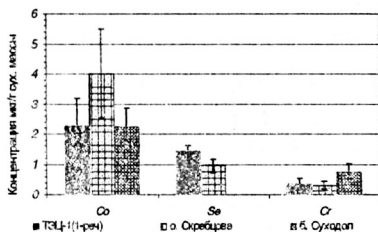


Рис. 10. Средние концентрации Co, Se, Cr в *M. modiolus*

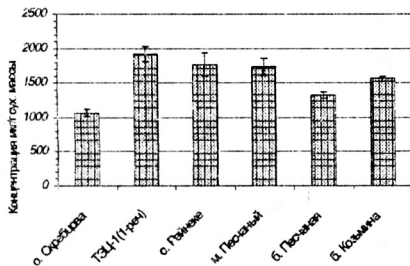


Рис. 11. Средние концентрации Zn в *C. gigas*

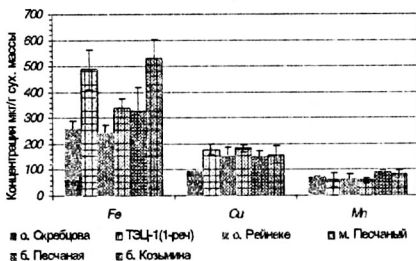


Рис. 12. Средние концентрации Fe, Cu, Mn в *C. gigas*

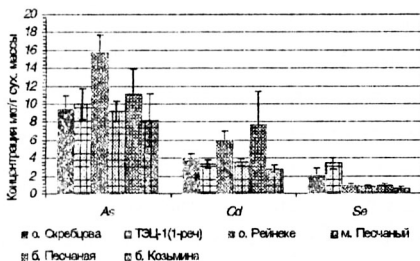


Рис. 13. Средние концентрации As, Cd, Se в *C. gigas*

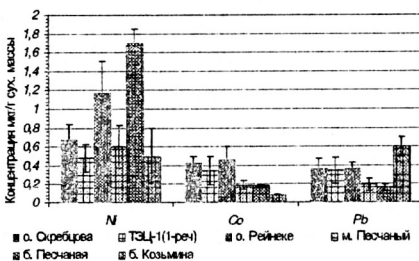


Рис. 14. Средние концентрации Ni, Co, Pb в *C. gigas*

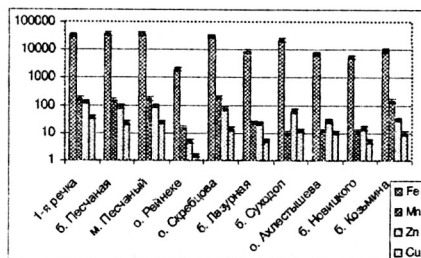


Рис. 15. Концентрации Fe, Mn, Zn, Cu в донных отложениях

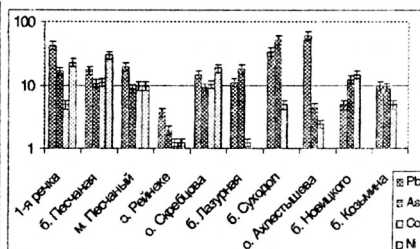
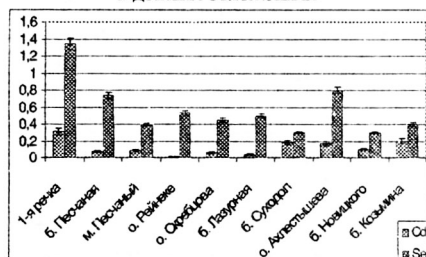


Рис. 16. Концентрации Pb, As, Co, Ni в донных отложениях

Рис. 17. Концентрации Cd и Se в донных отложениях



Высокое содержание Mn в тканях мидии Грея из бухты Козьмина и Cr в моллюсках из бухты Лазурной соответствует повышенным концентрациям этих элементов в донных отложениях.

Концентрации Zn, Pb и Se в тканях модиолуса у ст. 1-я речка (ТЭЦ-1), Co в моллюсках из акватории о. Скребцова, As в модиолусах из бухты Суходол отражают концентрации этих элементов в донных отложениях акваторий.

Уровни содержания Zn и Se в устрице у ст. 1-я речка (ТЭЦ-1), марганца и никеля в моллюсках из бухты Песчаной соответствуют повышенному уровню этих элементов в донных отложениях.

Установлена корреляционная связь между содержанием микроэлементов в моллюсках и концентрациями в донных отложениях станций их отбора (табл. 3). Отмечена положительная корреляционная зависимость концентраций Mn, Cr и Co в мягких тканях мидии Грея, Zn, As, Pb, Co и Cu в тканях модиолуса, Se и Cu в тканях устрицы от концентрации этих элементов в донных отложениях.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции между содержанием элементов в мягких тканях моллюсков и в донных отложениях ($P > 0,05$)

Вид	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	As	Se	Pb	Co	Ni	Cr
<i>C. gigas</i>	0,49	-0,06	0,33	0,59	-0,53	-0,73	0,8	-0,004	-0,59	-0,41	-
<i>M. modiolus</i>	-0,98	-0,14	0,85	0,92	-0,27	0,84	-	0,65	0,97	-	-
<i>C. grayanus</i>	-0,14	0,56	-0,37	-0,23	-0,54	0,32	0,77	-0,39	0,89	-	0,89

Установлена отрицательная корреляционная зависимость концентраций Cd, As и Co в мягких тканях устрицы, Fe в тканях моллюска, Cd в тканях мидии Грея и донных отложениях в местах сбора моллюсков.

Микроэлементы в мягких тканях анадарты Броутона и корбикулы японской

В табл. 4 представлены диапазоны концентраций элементов в отдельных органах анадарты Броутона.

Таблица 4. Диапазоны концентрации элементов в органах анадарты Броутона из отдельных районов зал. Петра Великого, мкг/г сух. массы. N = 10

Орган	Fe	Zn	Cu	Mn	Cd	Pb	Co	Ni	Cr	As
Жабры	1818–2127	48–114	2,8–5,0	14–41	1,5–18,9	0,09–0,18	1,2–1,9	0,9–1,6	0,89–1,90	0,5–1,8
Пищеварительная железа	639–2045	40–59	5,1–13,6	4–8	1,2–3,1	0,04–0,20	2,0–2,8	1,8–2,8	0,83–4,50	0,8–1,5
Мантия	596–1064	31–71	2,0–3,2	4–30	1,0–10,3	0,04–0,17	0,4–1,5	0,3–0,8	0,39–2,93	0,4–1,2
Нога	318–637	31–67	1,4–2,0	2–6	0,6–2,5	0,04–0,14	0,3–0,4	0,2–0,4	0,45–0,75	0,2–0,4
Мышечный-замыкатель	250–417	56–112	0,7–1,9	7–19	1,5–10,2	0,03–0,10	0,1–0,3	0,1–0,3	0,43–0,66	0,3–1,8

Максимальные концентрации железа, цинка, кадмия и мышьяка отмечены в жабрах моллюска; меди, свинца, кобальта, никеля и хрома — в пищеварительной железе. Минимальные уровни исследованных элементов обнаружены в ноге и мышечном-замыкателе анадарты. Распределение элементов по органам анадарты аналогично распределению их в мидиях, устрицах, гребешках. Уровень содержания железа в органах анадарты значительно выше, чем в рассмотренных видах двусторчатых моллюсков.

Средние концентрации элементов в анадарте из Амурского и Уссурийского заливов представлены на рис. 18–20.

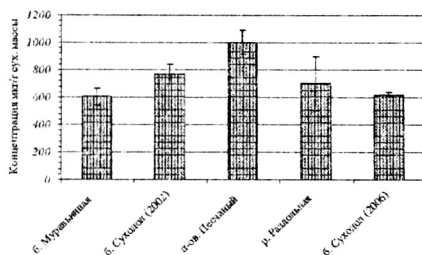


Рис. 18. Средние концентрации Fe в анадарте Броутона

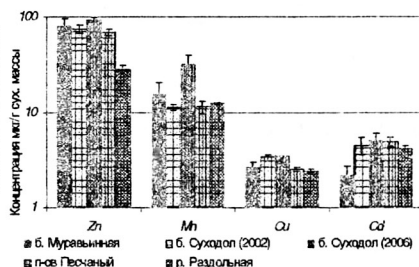
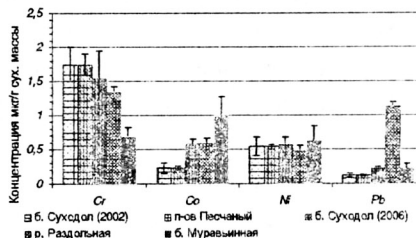


Рис. 19. Средние концентрации Zn, Mn, Cu, Cd в анадарте Броутона

Максимальные концентрации Fe (п-ов Песчаный) и Pb (р. Раздольная) обнаружены в моллюске из Амурского залива; Zn, Mn, Cu, Cd, Cr (бухта Суходол), Co и Ni (бухта Муравьев-

иния) — в анадаре из Уссурийского залива. Концентрации Zn, Mn, Cd, Co, Ni и Pb в моллюсках из бухты Суходол в 2006 г. были выше по сравнению с уровнями этих элементов в анадарах в 2002 г.

Рис. 20. Средние концентрации Cr, Co, Ni, Pb в анадаре Броутона.



В куттовую часть Уссурийского залива впадают реки Артемовка, Шкотовка, Суходол и Петровка, которые имеют опасный уровень загрязнения (от 10 до 20 ПДК по 8 элементам: Pb, Cd, Zn, Ag, Co, Ni, Mn, Cu) (Наумов, 2006). Таким образом, уровни содержания элементов в анадаре Броутона зависят от места ее обитания.

Средние концентрации элементов в корбикуле японской из устьев рек Артемовка и Раздольная представлены на рис. 21–23.

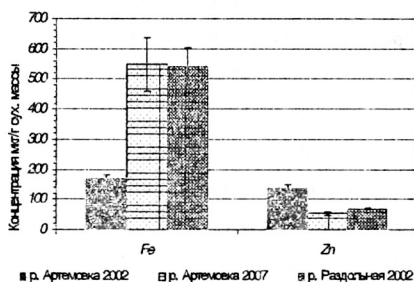


Рис. 21. Средние концентрации Fe, Zn в корбикуле японской

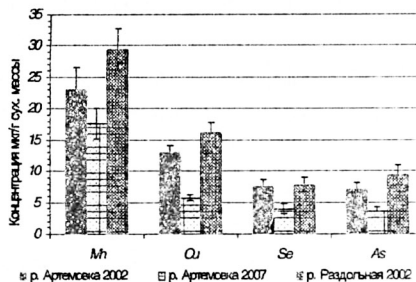


Рис. 22. Средние концентрации Mn, Cu, Se, As в корбикуле японской

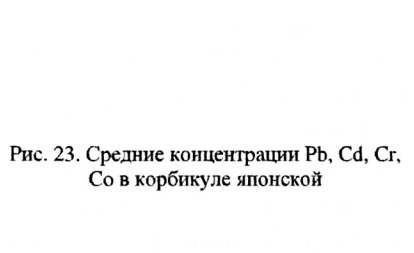


Рис. 23. Средние концентрации Pb, Cd, Cr, Co в корбикуле японской

Максимальные средние концентрации Fe, Mn, Cu, Se, As, Pb, Cd, Cr и Co обнаружены в корбикуле из Амурского залива (устье р. Раздольной). Высокое содержание элементов в

корбикулах из устья р. Раздольной обусловлено большим загрязнением реки металлами и металлоидами. По результатам комплексной оценки в 2003 г., эта река отнесена к «очень грязным»: ПДК отдельных элементов в ней превышалось от 2 до 8 раз (Ежегодный доклад..., 2003).

Анализ концентраций элементов в моллюсках из устья р. Артемовка показал снижение содержания металлов в гидробионтах в 2007 г. по сравнению с 2002 г., за исключением Fe, Co и Cr.

3.4. Видовые особенности микроэлементного состава моллюсков

Получив представление о распределении элементов в среде и организмах, попытались выяснить, какие из них сохраняют эту последовательность. Порядок убывания концентраций металлов в среде и организмах имеет следующий вид.

Моллюски

Fe > Zn > Mn > Cu > As > Se > Pb > Cd > Co > Ni > Cr – мидия тихоокеанская;
Fe > Zn > Mn > Cu > As > Cd > Se > Ni > Co > Cr > Pb – мидия Грея;
Mn > Zn > Fe > Cu > Cd > As > Pb > Co > Se > Cr – модиолус длиннощетиный;
Zn > Fe > Cu > Mn > As > Cd > Se > Ni > Co > Pb – устрица гигантская;
Fe > Zn > Cd > Cu > Mn > As > Se > Pb > Co = Cr – гребешок приморский;
Fe > Zn > Mn > As > Cd > Cu > Se > Co > Ni > Pb – анадара Броутона;
Fe > Zn > Mn > Cu > Se > As > Pb > Cd > Cr > Ni > Co – корбикула японская.

Среда

Fe > Zn > As > Cu > Mn > Cr > Cd > Co > Se = Ni > Pb – морская вода;
Fe > Zn > Mn > Pb > Cr > Cu > Ni > As > Co > Se > Cd – донные отложения.

Не наблюдалось соответствия положения марганца в модиолусе длиннощетиным, цинка и меди в устрице гигантской, кадмия в гребешке приморском в рядах элементов для донных отложений и морской воде по сравнению с их положением в порядке убывания концентраций элементов в тканях моллюсков.

Таким образом, микроэлементный состав организмов не всегда отражает элементный состав среды, а зависит от специфических особенностей вида.

Сравнили уровни содержания элементов в моллюсках.

Марганец. Модиолус известен как марганцевый концентратор (Христофорова и др., 1994). Специфическое накопление марганца модиолусом длиннощетиным (рис. 24) может быть обусловлено несколькими факторами. К ним относятся характер роста, усвояемость пищи, а также особенности пищеварительной и выделительной систем.

Модиолус обитает на мягких грунтах, которые являются источником растворенных марганца, хрома, кобальта (Шулькин, Богданова, 1989), а усвояемость пищи у моллюска это-

го вида достигает 94 % (Цихон-Луканина, 1979). Высокие современные концентрации марганца, обнаруженные в моллюсках длинношетиистом, подтверждают, что он является марганцевым концентратором.

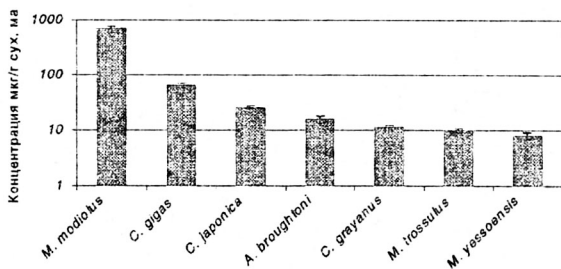


Рис. 24. Средние концентрации марганца в моллюсках зал. Петра Великого

Медь, цинк. Устрица давно известна как медно-цинковый концентратор (Виноградов, 1937; Brooks, Rumsby, 1956).

В норме устрица содержит сотни и тысячи микрограммов цинка и десятки микрограммов меди в 1 г ткани.

Содержание цинка (рис. 25) и меди (рис. 26), обнаруженное в мягких тканях устрицы, значительно выше, чем в других исследованных видах моллюсков, что свидетельствует о ее принадлежности к медно-цинковым концентраторам.

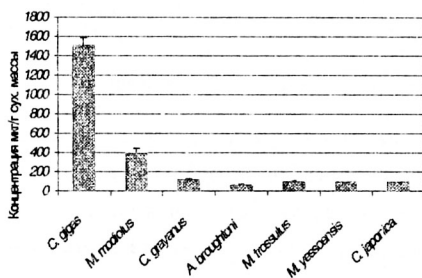


Рис. 25. Средние концентрации цинка в моллюсках зал. Петра Великого

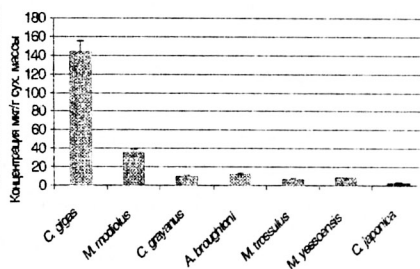


Рис. 26. Средние концентрации меди в моллюсках зал. Петра Великого

Кадмий. Специфическое концентрирование кадмия гребешком изучено достаточно хорошо. С 1930-х гг. известно, что гребешки являются концентраторами кадмия (Bertrand, Voronca-Spirt, 1930; Vinogradov, 1953). Уровни содержания кадмия в гребешке выше по сравнению с другими видами моллюсков (рис. 27).

Уровни содержания Cd в моллюсках также достаточно велики, а в устрице, анадаре и мидии Грея находились на одном уровне. Минимальные концентрации Cd характерны для

корбикулы и мидии тихоокеанской. Возможно, концентрации Cd в моллюсках зависят от массы тканей.

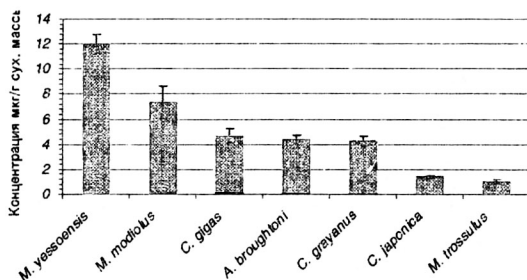


Рис. 27. Средние концентрации кадмия в моллюсках зал. Петра Великого

Железо. Отмечалось высокое содержание железа в органах анадара Броутона по сравнению с другими видами двусторчатых моллюсков (рис. 28).

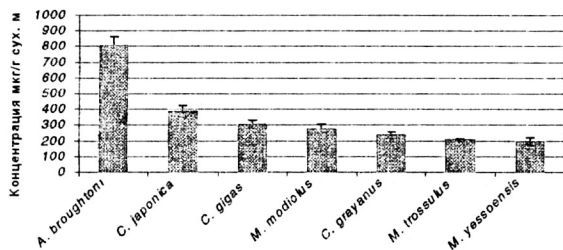


Рис. 28. Средние концентрации железа в моллюсках зал. Петра Великого

В отличие от других моллюсков анадара зарывается в грунт на глубину до 25 см, где наблюдается недостаток кислорода. Отличительная особенность анадара от других моллюсков – кровь красного цвета, в которой присутствуют типичный гемоглобин и ядерные эритроциты, что обуславливает высокие концентрации железа в теле моллюска. В процессе эволюции моллюск, ведя глубоко зарывающийся образ жизни, адаптировался к удержанию кислорода путем связывания его с гемоглобином, в состав которого входит железо, поэтому содержание железа в мягких тканях анадара повышено по сравнению с другими видами моллюсков.

Селен. Уровни содержания селена в моллюсках зал. Петра Великого представлены на рис. 29.

В мягких тканях корбикулы японской обнаружены высокие концентрации селена по сравнению с другими видами моллюсков. Средой обитания корбикулы являются эстуарные зоны, уровень содержания селена в донных отложениях этих зон в 10 раз выше, чем в мор-

ских донных отложениях. При смешивании пресных и морских вод происходит коагуляция как растворенного неорганического, так и органического вещества, в результате значительная часть речного материала осаждается в эстуариях и дельтах (Лисицын и др., 1983). Таким образом, моллюск отражает повышенное содержание селена в среде его обитания.

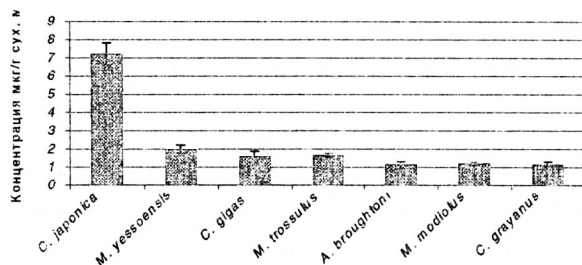


Рис. 29. Средние концентрации селена в моллюсках зал. Петра Великого

Никель, кобальт, хром, мышьяк, свинец. Концентрации никеля, кобальта, хрома, мышьяка и свинца в моллюсках зал. Петра Великого представлены на рис. 30 и 31.

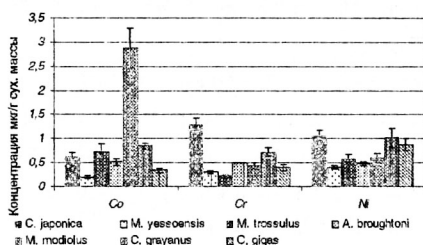


Рис. 30. Средние концентрации кобальта, хрома, никеля в моллюсках зал. Петра Великого

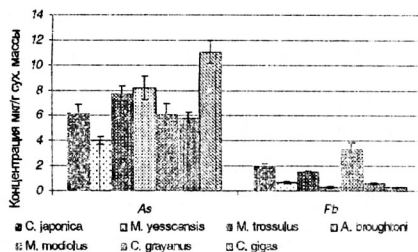


Рис. 31. Средние концентрации мышьяка и свинца в моллюсках зал. Петра Великого

Следует отметить, что мягкие ткани модиолуса длиннощетиного содержали большие концентрации кобальта по сравнению с другими видами моллюсков (рис. 30). Концентрации мышьяка, никеля и хрома в моллюсках не имели значимых различий.

Таким образом, высокие концентрации железа, обнаруженные в зарывающихся видах анадаре Броутона и корбикуле японской, обусловлены условиями существования этих видов. Известно, что избыток железа в организме уменьшает его способность усваивать медь и цинк (Авцын и др., 1991). Эти моллюски содержат меньшие концентрации цинка и меди по сравнению с другими видами моллюсков. Следовательно, содержание микроэлементов в моллюсках зависит как от видовых особенностей организмов, так и от элементного состава среды их существования.

3.5. Санитарно-гигиеническая оценка моллюсков

Санитарно-гигиеническая оценка промысловых двусторчатых моллюсков из зал. Петра Великого показала, что содержание Pb в моллюсках не превышало нормируемых величин. Обнаружено: превышение ПДУ мышьяка в единичных особях мидии тихоокеанской из Амурского залива; кадмия — в мидии Грея из бухт Козьмина и Лазурной, в единичных особях анадары Броутона из бухты Суходол и акватории у п-ова Песчаного.

ВЫВОДЫ

1. Определены современные уровни содержания Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, As, Se, Pb, Ni, Co, Cr в тихоокеанской мидии (*Mytilus trossulus*), мидии Грея (*Crenomytilus grayanus*), модиолусе длинношетиным (*Modiolus modiolus*), устрице гигантской (*Crassostrea gigas*), гребешке приморском (*Mizuhopecten yessoensis*), анадаре Броутона (*Anadara broughtoni*), корбикуле японской (*Corbicula japonica*) из зал. Петра Великого.

2. Впервые установлены уровни содержания Se и As в органах *M. trossulus* (As — 3,8–17,9; Se — 0,8–3,9 мкг/г сух. массы), *C. grayanus* (2,8–15,3; 0,4–4,0), *M. modiolus* (2,6–14,5; 0,4–1,6), *C. gigas* (3,2–22,3; 0,12–6,27), *M. yessoensis* (2,0–8,0; 0,2–4,0), *A. broughtoni* (5–12; 0,9–1,6), *C. japonica* (2–13; 2–10) из зал. Петра Великого.

3. Впервые установлен микроэлементный состав *A. broughtoni* (Fe — 402–1350; Zn — 42–104; Mn — 5–50; Cu — 1,8–5,0; As — 5–12; Cd — 1,5–9,2; Pb — 0,04–1,25; Se — 0,9–1,6; Co — 0,1–1,5; Cr — 0,2–1,5; Ni — 0,1–1,0 мкг/г сух. массы) и *C. japonica* (Fe — 133–950; Zn — 33–182; Mn — 7–47; Cu — 4–29; As — 2–13; Cd — 0,3–2,9; Pb — 0,8–5,0; Se — 2–10; Co — 0,2–2,1; Cr — 0,1–3,0; Ni — 0,1–2,5 мкг/г сух. массы) из зал. Петра Великого.

4. Выявлена зависимость содержания Se и As от размерных характеристик моллюсков. В мидиях тихоокеанских и Грея уровни содержания Se и As выше в моллюсках большего размера. Корбикулы меньшего размера содержат в 2 раза больше Se, чем более крупные.

5. Существует положительная корреляционная зависимость концентраций Mn, Cr и Co в мягких тканях мидии Грея, Zn, As, Pb, Co и Cu в тканях модиолуса, Se и Cu в тканях устрицы от концентрации этих элементов в донных отложениях. Установлена отрицательная корреляционная зависимость концентраций Cd, As и Co в мягких тканях устрицы, Fe — в тканях модиолуса, Cd — в тканях мидии Грея и донными отложениями мест сбора моллюсков.

6. Выявлено, что уровни содержания железа в органах анадары Броутона выше по сравнению с исследованными видами моллюсков. Подтверждено специфическое концентрирование кадмия гребешком приморским, цинка и меди — устрицей гигантской, марганца —

модиолусом длиннощетиным. Установлено, что в мягких тканях корбикулы японской содержание селена в среднем в 5 раз больше, чем в других исследованных видах моллюсков.

7. Санитарно-гигиеническая оценка промысловых двусторчатых моллюсков из залива Петра Великого показала, что содержание Pb в моллюсках не превышало нормируемых величин. Отмечено: превышение ПДУ мышьяка в единичных особях мидии тихоокеанской из Амурского залива; кадмия — в мидии Грея с длиной раковины больше 20 см из бухт Козьмина и Лазурной и в единичных особях анадары Броутона из бухты Суходол и акватории у п-ова Песчаного.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах:

1. Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В., Кiku Д.П. Токсичные элементы в промысловых гидробионтах прибрежных акваторий северо-западной части Японского моря // Вопросы рыболовства. – 2006. – Т. 7, № 1. – С. 185–190.

2. Кiku Д.П., Ковековдова Л.Т. Оценка содержания микроэлементов в устрицах гигантских (*Crassostrea gigas*) из залива Петра Великого (Японское море) в связи с условиями обитания // Известия ТИНРО. – 2007. – Т. 150. – С. 388–395.

Работы, опубликованные в материалах региональных, всероссийских и международных конференций:

3. Кiku Д.П. Особенности формирования микроэлементного состава промысловыми моллюсками // Приморские зори – 2003 : материалы Междунар. науч. чтений «Экология, безопасность жизнедеятельности, защита в чрезвычайных ситуациях, охрана, безопасность, медицина и гигиена труда, устойчивое развитие дальневосточных территорий». – Владивосток, 2003. – Вып. 2. – С. 122–123.

4. Кiku Д.П. Металлы в донных отложениях Уссурийского залива // Проблемы экологии и рационального природопользования Дальнего Востока : материалы Регион. конф. молод. учен. – Владивосток, 2004. – С. 135–136.

5. Кiku Д.П. Zn, Ni, Pb, Cd в донных отложениях Уссурийского залива // Инновация и молодежь : тез. докл. Регион. науч.-техн. конф. творческой молодежи. – Владивосток, 2004. – С. 16.

6. Кiku Д.П., Ковековдова Л.Т. Исследование состояния акватории Амурского залива по содержанию тяжёлых металлов методом биоиндикации // Интеллектуальный потенциал вузов – на развитие Дальневосточного региона России : материалы 7-й Междунар. конф. студ., аспирант. и молод. учёных. – Владивосток, 2005. – С. 74–75.

7. Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В., Кiku Д.П. Аккумуляция тяжёлых металлов рыбами и моллюсками залива Петра Великого // Современные проблемы водной токсикологии : тез. докл. Междунар. науч. конф. – Борок, 2005. – С. 68.

8. Кику Д.П., Ковековдова Л.Т. Железо, цинк и кадмий в моллюсках-индикаторах из залива Находка // Проблемы бизнеса и технологии в Дальневосточном регионе : сб. материалов конф. – Находка: Институт технологии и бизнеса, 2006. – С. 13–15.

9. Ковековдова Л.Т., Кику Д.П., Симоконь М.В. Микроэлементы в двустворчатых моллюсках залива Петра Великого // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий». – Владивосток, 2006. – С. 103–106.

10. Кику Д.П. Оценка микроэлементного состава промыслового двустворчатого моллюска анадары Броутона // Материалы Междунар. науч. чтений «Приморские зори – 2007». – Владивосток, 2007. – Вып. 2. – С. 227–230.

Подписано в печать 10.09.2008 г. Формат 60х84/16. 1 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. Заказ № 23.

Отпечатано в типографии издательского центра ФГУП «ТИНРО-Центр»
г. Владивосток, ул. Западная, 10.

